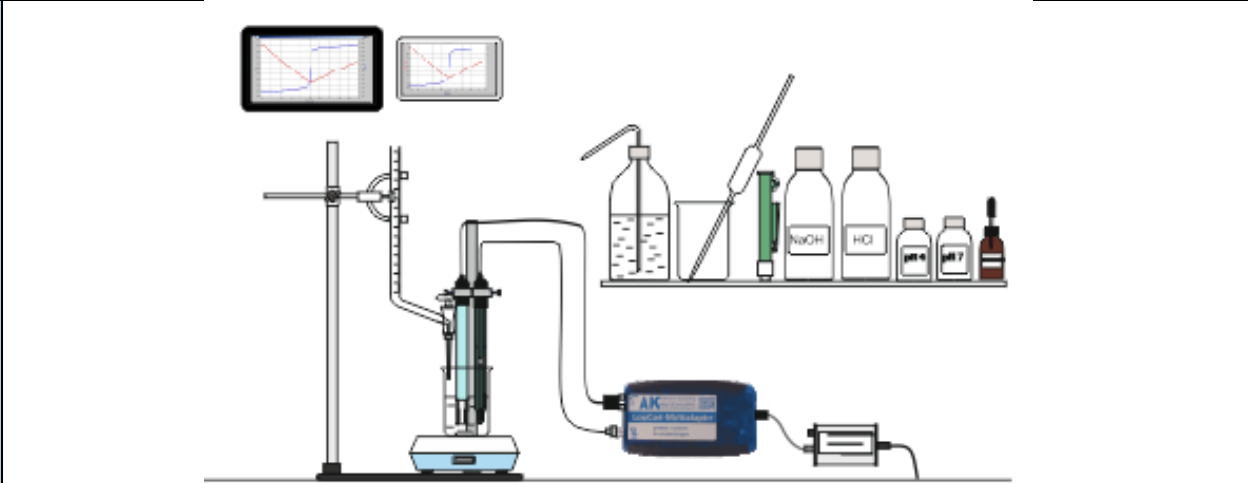




**Prinzip**

Da sich bei der Neutralisation die elektrische Leitfähigkeit und der pH-Wert der Lösung ändern, kann man die Titration sowohl konduktometrisch wie auch potenziometrisch verfolgen.  
Mit dem ALL-CHEM-MISST hat man die Möglichkeit, Leitfähigkeit und pH-Wert gleichzeitig aufzunehmen.

**Aufbau  
und  
Vorbe-  
reitung**



**Benötigte Geräte**

- AK LowCost MultiAdapter pH/L
- Teacher's Helper / Netzteil/ USB Kabel
- Tablet /Laptop/Smartphone
- Leitfähigkeitsselektrode
- pH-Elektrode
- Becherglas, 150 mL
- Bürette, 25 mL
- Muffe

**Verwendete Chemikalien**

- "Spülbecherglas", 250 mL
- Pipette, 10 mL
- Magnetrührer
- Rührfisch
- 2 Stative
- Bürettenklemme
- Doppelelektrodenhalter
- Pipettierhilfe
- Natronlauge (c = 0,1 mol/L)
- Salzsäure (c = 0,1 mol/L)
- dest. Wasser
- Pufferlösung, pH 7
- Pufferlösung, pH 4
- evtl. Bromthymolblaulösung

**Vorbereitung des Versuchs**

- ▶ Geräte entsprechend der Zeichnung bereitstellen, aufbauen und verbinden.
- ▶ 10 mL Salzsäure (bzw. Analysenlösung) mit der Pipette in das Becherglas geben.
- ▶ Rührfisch dazugeben und Becherglas auf den Magnetrührer stellen.
- ▶ pH-Elektrode in das halb mit Leitungswasser gefüllte „Spülbecherglas“ stellen.
- ▶ pH-Elektrode in die entsprechende pH-Buchse stecken.
- ▶ Leitfähigkeitsselektrode in die entsprechende κ(LF)-Buchse stecken und am Elektrodenhalter befestigen.
- ▶ Die Bürette mit Natronlauge füllen und auf die Nullmarkierung einstellen.

**Vorbereitung an den Tablets / Computern (Clients)**

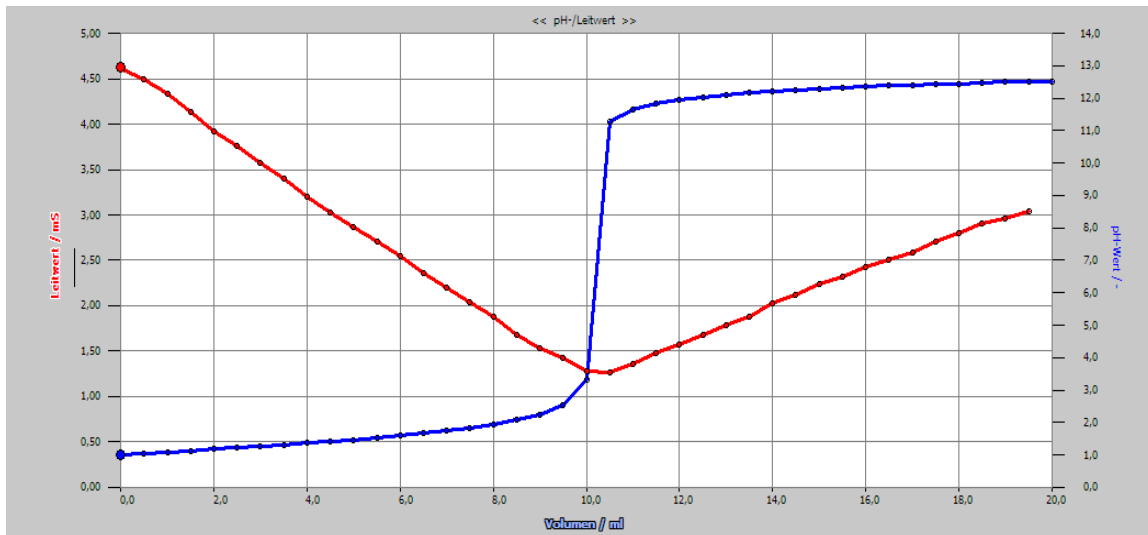
- ▶ Am Tablet /Laptop / Smartphone Einstellungen mit **WLAN** eine Verbindung herstellen: **ak.net** anwählen und warten bis die Verbindung eingebucht ist.
- ▶ Browser z.B. **Firefox/Safari** aufrufen, in die Adresszeile (URL-Zeile) - nicht in der (Google-Suchzeile!!) **http://labor.ak** eingeben- Es erscheinen 4 Bildschirme ....
- ▶ **AK MiniAnalytik** wählen. Im erscheinenden Bild können die Menüicons neben- oder (bei kleinen Bildschirmen) untereinander angeordnet sein.
- ▶ Icon 'Messen' (2. von links) und **Mit Messgerät verbinden** auswählen.
- ▶ **Messgrößen-Auswahl:**  **pH-Wert (pH)**  **Leitfähigkeit(L)**  **OK**
- ▶ **Konfiguration X/Y-Achsen:** **pH und L auf die Y-Achse**  **OK**
- ▶ **Konfiguration-Methode 1. y-Achse pH** Min  - und **pH Max**  -  
**pH Nachkomma**  und **Linie**  **ja**
- ▶ **2. y-Achse L** Min  mS/cm und **L Max**  mS/cm  
**L Nachkomma**  und **Linie**  **ja**
- ▶  **x-Achse: Volumen (auf Tastendruck)** wählen
- ▶ **x-Achse Volumen. Intervall**  mL und **Maximum**  mL und **Nachkomma**



- ▶ **pH-Kalibrieren** antippen und bei 2-Punkt-Kalibrierung **Kalibrieren**
- ▶ Oben rechts steht der aktuelle pH- Wert. Man soll zwei unterschiedliche Pufferlösungen bereithalten.
- ▶ Elektrode spülen, -> in **Puffer 1**, pH-Wert z.B. **4** eingeben, nach Messwertberuhigung **Übernehmen**
- ▶ Elektrode spülen, -> in **Puffer 2**, pH-Wert, z.B. **7** eingeben, nach Messwertberuhigung **Übernehmen**
- ▶ Umrechnung starten mit **Kalibrieren** und Erfolg bestätigen mit **OK**
- ▶ Mit **OK** wird der Messbildschirm aufgebaut und Werte werden angezeigt

Durchführung

- ▶ pH-Elektrode am Stativ befestigen. Rührfisch darf beim Drehen die Elektroden nicht berühren.
- ▶ So viel dest. Wasser zugeben, dass die Pt-Bleche der LF-Elektrode gut bedeckt sind.
- ▶ Zur **Messwertaufnahme** bei **0,0 mL** **Messwert Aufzeichnen** tippen.
- ▶ Die Titratorflüssigkeit kontinuierlich (mit recht kleiner Geschwindigkeit!) aus der Bürette auslaufen lassen und nach **jeweils 0,5 mL** einen **Messwert** mit **Messwert Aufzeichnen** speichern.
- ▶ Zum Beenden **Messung beenden** drücken.



Speichern

- ▶ Icon oben links und **Speichern unter** wählen.
- ▶ Unter ‚Projekt Speichern‘ Projektnamen eingeben (hier: Beispiel) **N02a-1-4 user** und **OK**

Excel-Export

- ▶ Icon oben links und **Datenreihen exportieren** wählen.
- ▶ Unter ‚Datenreihen Speichern‘ Eine Datenreihe auswählen und **Speichern**
- ▶ Je nach Gerät mit ‚Speichern unter‘ noch Pfad aussuchen und bestätigen!

Öffnen bei Bedarf (zu Hause)

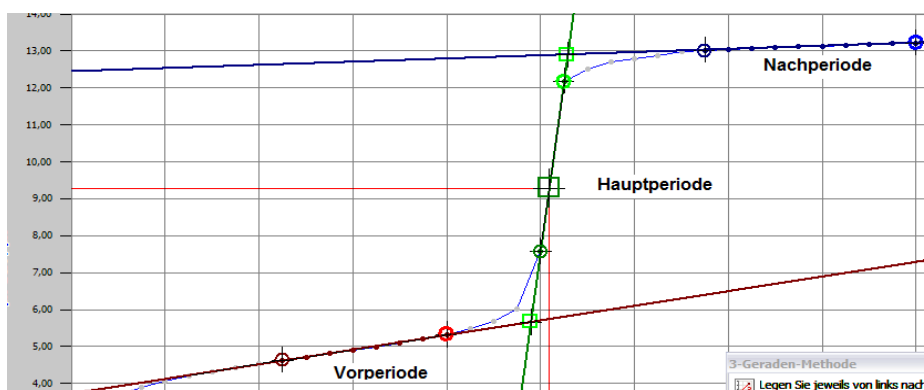
- ▶ Ist der Teacher's Helper nicht mehr zu erreichen: Browser z.B. **Firefox/Safari** aufrufen, in die Adresszeile (URL-Zeile) - nicht in der (Google-Suchzeile!!) **http://labor.ak** eingeben. -
- ▶ Evtl. Minianalytik wählen. Besteht keine Verbindung zum Teacher's Helper, geschieht dies automatisch.
- ▶ Icon oben links und **Laden** "Projekt Laden" **N02a-1-4 user** direkt auswählen und → anklicken.



### 1. Auswertung des Graphen für den pH-Wert

#### Bestimmung des Volumens im Äquivalenzpunkt

Die Ermittlung erfolgt nach der sogenannten „Drei-Geraden-Methode“: Die Messwerte in und um den Äquivalenzpunkt werden in 3 „Zonen“ eingeteilt. 1. „Vorperiode“, 2. „Hauptperiode“ und 3. „Nachperiode“. Durch diese Bereiche werden vom Computer nacheinander einzelne Ausgleichsgeraden gelegt. Der Mittelwert der x-Werte der beiden Schnittpunkte der drei Geraden ist das Volumen im Äquivalenzpunkt.  
(Die Schüler können die Ausgleichsgeraden mit dem Geo-Dreieck einzeichnen).



Auswertung

pH-Teil

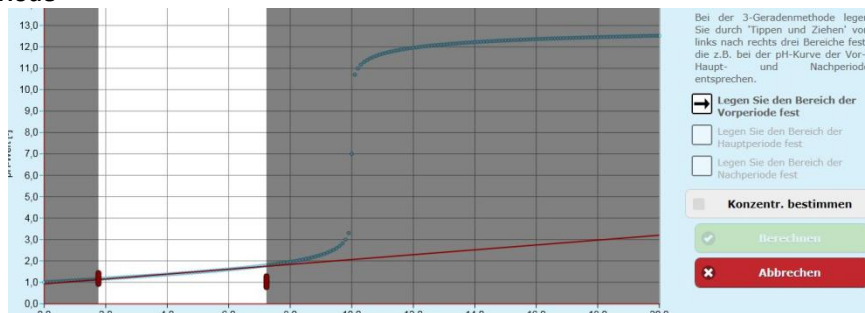
Theorie

**Berechnung des Gehaltes** (Bedeutung der Indizes: v = vorgelegt – z = zugegeben bis zum Äquivalenzpunkt)

$$\text{Bei Äquivalenz gilt: } n_v(\text{HAC}) = n_z(\text{NaOH}) \Rightarrow c_v(\text{HAC}) = \frac{c_z(\text{NaOH}) \cdot V_z(\text{NaOH})}{V_v(\text{HAC})}$$

#### Bestimmung an den Clients / Computern

- ▶ Zur Auswertung wird die nicht benötigte Komponente ausgeblendet (Achtung: nicht gelöscht! -Falls Seitenleiste nicht sichtbar, einblenden mit **Leitfähigkeit** Häkchen entfernen, wenn man pH auswertet..
- ▶ Icon 'Auswerten' (3. von links) und **Drei-Geraden-Methode**
- ▶ Folgen Sie den Anweisungen (Legen Sie die Bereiche der drei Ausgleichsgeraden von links nach rechts durch Tippen, **gedrückt halten**, ziehen und loslassen fest) **1.** für die **Vorperiode** **2.** für die **Hauptperiode** und **3.** für die **Nachperiode**



- ▶  **Konzentr. bestimmen**
- ▶ Dann auf **Berechnen** tippen.

#### Auswertung des pH-Wertes im Halbäquivalenzpunkt (HÄP):

Hier wird die Methode gezeigt. !! Anwendbar ist sie nur bei schwachen Säuren: **pKs-Wert = pH(HÄP) !!**

Auswertung  
Halb-  
äqui-  
valenz  
punkt

Halbäquivalenz besteht, wenn die  **Hälfte der vorgelegten Säure umgesetzt** ist. Das zugetropfte Volumen im HÄP ist **genau halb so groß wie das im Äquivalenzpunkt**.

- ▶ Icon 'Auswerten' (3. von links) und **Halbäquivalenzpunkt**
- ▶ mit der Maus / dem Finger im Graphen in den x-Bereich zwischen 0 und dem Äquivalenzpunkt tippen und **Berechnen**
- ▶ Evtl. die Position der beiden Ergebniskästchens ändern.



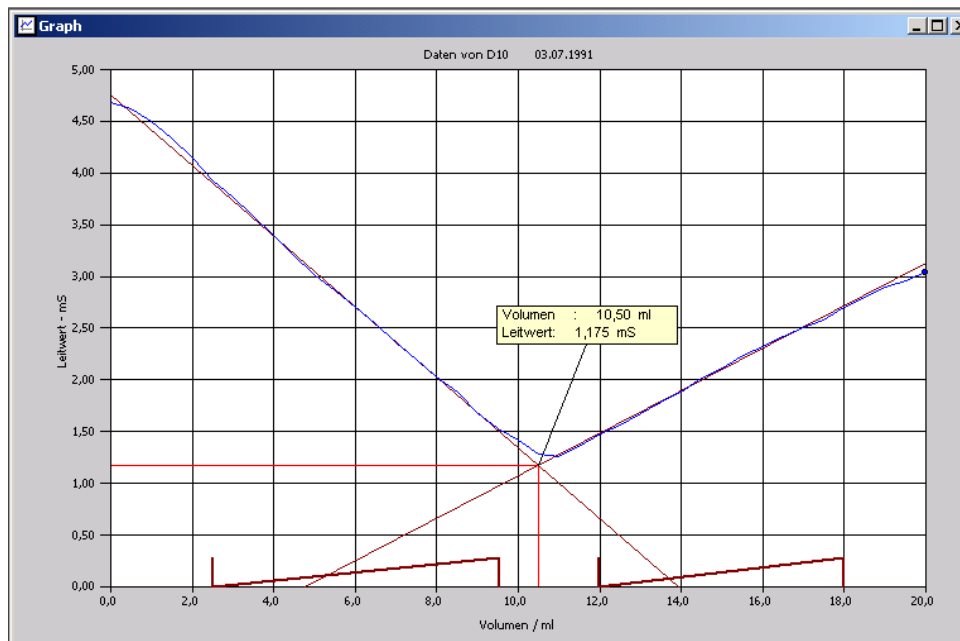
## 2. Auswertung des Graphen für die elektrische Leitfähigkeit

Zur Auswertung bietet sich die "Zweigeradenmethode" an.

Durch die Messpunkte der beiden "Schenkel" werden vom Computer Ausgleichsgeraden gelegt (die Schüler können die Ausgleichsgeraden mit dem Geo-Dreieck einzeichnen). Der Schnittpunkt der beiden Geraden ist das Volumen im Äquivalenzpunkt.

**Berechnung des Gehaltes:** Bei Äquivalenz gilt:  $n(\text{HCl}) = n(\text{NaOH})$ :  $c(\text{HCl}) = \frac{c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})}{V(\text{HCl})}$

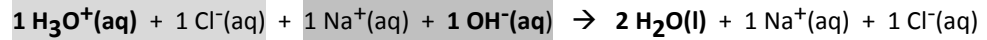
- ▶ Zur Auswertung wird die nicht benötigte Komponente ausgeblendet (Achtung: nicht gelöscht! -Falls Seitenleiste nicht sichtbar, einblenden mit Häkchen entfernen, wenn man Leitfähigkeit auswerten will.
- ▶ Icon 'Auswerten' (3. von links) und **Zwei-Geraden-Methode**
- ▶ Folgen Sie den Anweisungen (Legen Sie von links nach rechts die Bereiche der zwei Ausgleichsgeraden durch Tippen gedrückt halten, ziehen und loslassen fest) **1.** für die **Vorperiode** und **2.** für die **Nachperiode**
- ▶  **Konzentr. bestimmen**
- ▶ Dann auf **Berechnen** tippen.
- ▶ Evtl. die Position des Ergebniskästchens ändern.





### Neutralisationstiteration - Theorie

Die Neutralisationsreaktion verläuft nach folgender Gleichung:



Salzsäure

Natronlauge

Wasser

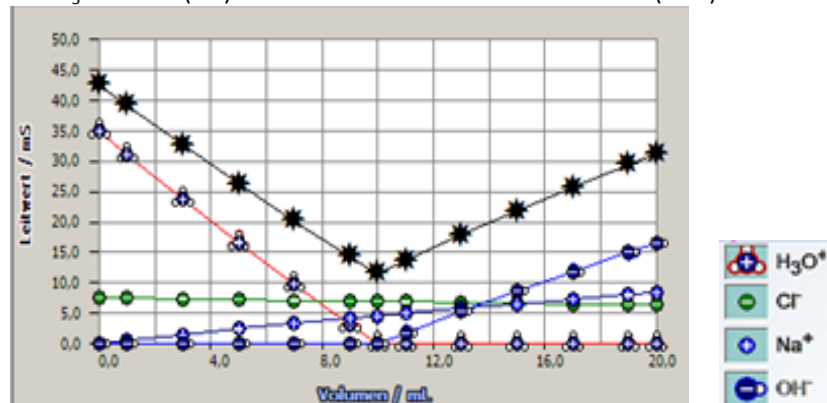
Salz

Es reagieren eigentlich nur die schon vorliegenden Oxoniumionen mit den zugetropften Hydroxidionen

#### 1. Betrachtung der elektrischen Leitfähigkeit

Hier ist der Leitwert (elektrische Leitfähigkeit = einzig messbarer Wert) als Summe der Einzelleitwerte von Oxonium-, Chlorid-, Natrium- und Hydroxidionen gegen das Titratorvolumen aufgetragen. Man erkennt, wie fast nur die sehr schnellen  $\text{H}_3\text{O}^+$ -Ionen (rot) und die ebenfalls schnellen  $\text{OH}^-$ -Ionen (blau) den Leitwert beeinflussen.

Prinzip:

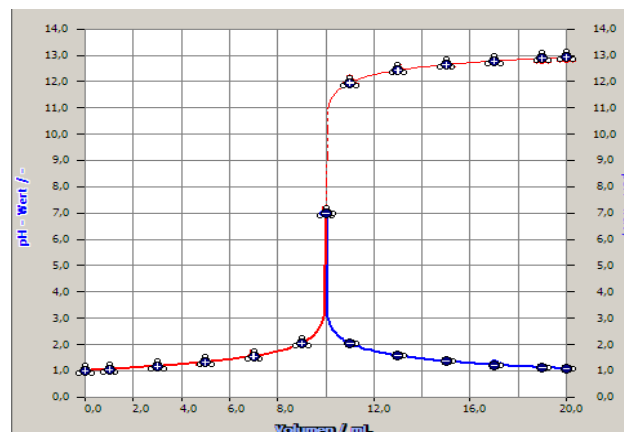


Die **Leitfähigkeit** fällt zunächst, weil die schnellen  $\text{H}_3\text{O}^+$ -Ionen durch langsamere  $\text{Na}^+$ -Ionen „ersetzt“ werden. Nach dem Äquivalenzpunkt steigt die Leitfähigkeit durch die etwas weniger beweglichen  $\text{OH}^-$ -Ionen wieder an. Der Äquivalenzpunkt ergibt sich aus dem Schnittpunkt der beiden Regressionsgeraden der zwei Phasen.

#### 2. Betrachtung des pH-Wertes

Wir benutzen dieselben Konzentrationen wie oben und wählen nur eine andere Darstellung im Graphen:

1. Es werden nur noch die  $\text{H}_3\text{O}^+$ - und die  $\text{OH}^-$ -Ionen betrachtet.
2. Auf der y Achse wird statt Leitfähigkeit der negative dekadische Logarithmus der Oxonium-/Hydroxid-Ionenkonzentrationen  $\text{pH} = -\log(c(\text{H}_3\text{O}^+))$  gegen das Titratorvolumen aufgetragen.
3. Im oberen Graphen ist im Äquivalenzpunkt die Konzentration der Oxoniumionen durch die Titration (fast)  $c(\text{H}_3\text{O}^+) = 0 \text{ mol/L}$  Aber man kann noch einen pH-Wert messen: er beträgt: 7
3. Ab dem Äquivalenzpunkt erhöht sich die Hydroxidionenkonzentration  $c(\text{OH}^-)$ . Daraus wird der pH-Wert berechnet:  $\text{pH} = 14 - \text{pOH}$ .



Zu Beginn ist der **pH-Wert** sehr niedrig, da die Chlorwasserstoffsäure vollständig dissoziiert ist. Im Laufe der Titration werden die Oxoniumionen durch die Hydroxidionen neutralisiert. In der Nähe des Äquivalenzpunktes aber steigt der pH-Wert bei weiterer Zugabe der Hydroxidionen sprunghaft an. Am Ende der Titration ist die Steigung wieder gering. Daher bietet sich hier die „3 Geradenmethode“ als Auswertemethode an.

Beachten:



Entsorgung

Ausguss evtl. nach Neutralisation

Literatur

F. Kappenberg; Computer im Chemieunterricht 1988, S. 142, Verlag Dr. Flad, Stuttgart

